

образования тройных соединений, что достоверно подтверждается аналитическими данными [4].

Литература

1. Попов С.И. Металлургия кремния в трехфазных руднотермических печах. Иркутск. 2004. 237 с.
2. Немчинова Н.В. Поведение примесных элементов при производстве и рафинировании кремния: монография. М.:Академия естествознания, 2008. 237 с.
3. Немчинова Н.В., Тютрин А.А., Клёц В.Э. Изучение формирования фаз в кремнии на основе данных о темпе кристаллизации // Перспективы развития технологии, экологии и автоматизации химических, пищевых и металлургических производств: материалы науч.-практ. конф. (22-23 апр. 2010 г., г. Иркутск). Иркутск, 2010. С. 171–175.
4. Тютрин А.А. Исследование процесса формирования примесей при кристаллизации расплава кремния на основе компьютерного построения тройных диаграмм плавкости // Системы. Методы. Технологии. 2013. №2 (18). С. 110-113.

УДК 669.85/86

Подготовка шихтовых материалов для выплавки кремния в руднотермических печах

М.С.Леонова, Н.В.Немчинова

ФГБОУ ВПО «Иркутский государственный технический университет»,
г.Иркутск

Кремний – один из самых популярных материалов XX века. Технический кремний получают в руднотермических печах при плавке шихты, состоящей из кремнеземсодержащего сырья и углеродистого восстановителя [1]. Технология выплавки кремния может быть описана одной основной реакцией: $\text{SiO}_2 + 2\text{C} = \text{Si} + 2\text{CO}$.

Одним из перспективных сырьевых материалов для получения кремния может служить пыль газоочистки руднотермических печей (химический состав, в среднем, мас.%, соответственно: SiO_2 – 85,41; Al_2O_3 – 0,46; Fe_2O_3 – 0,3; CaO – 1,5; MgO – 1,24; $\text{C}_{\text{ТВ}}$ – 5,67; Na_2O – 0,08; SO_3 – 0,16; P_2O_5 – 0,12; K_2O – 0,31; TiO_2 – 0,02; SiC – 4,73).

Однако загрузка в руднотермическую печь мелкодисперсного материала невозможно, поэтому его предварительно нужно окомковывать.

Окускование (окомкование) является одной из актуальных задач в подготовке шихты к металлургическому переделу. Данный процесс подготовки мелкодисперсных материалов позволяет не только обеспечить предприятие дополнительными ресурсами, но и уменьшить экологическую нагрузку на окружающую среду, но стабилизировать работу основных переделов – подготовки сырья.

Отличительной особенностью процесса окомкования является возможность изготовления брикетов (гранул, окатышей и т.п.) из шихтовых смесей, эффективных для основных типов агрегатов металлургического передела [2].

В подготовке материалов методами окомкования применяют связующие вещества. Связующее должно обладать достаточными адгезионными свойствами для образования механически прочных, водо- и термостойких брикетов (окатышей); иметь низкую стоимость; не вносить вредные примеси, ухудшающие качество выплавляемого металла; не снижать качества брикетов (окатышей) под воздействием высоких температур и реакционной способности шихтовых компонентов; не ухудшать условий выплавки кремния; отвечать санитарно-гигиеническим нормам. При выборе связующего необходимо учитывать их полезность при дальнейшем использовании брикетов (окатышей), экологическую чистоту и недефицитность. Разработанные и реализованные в промышленном масштабе брикетировочное оборудование и экологоохранные технологии позволили за короткий срок окупить затраты и повысить эффективность основного производства.

В руднотермическом производстве нашли применение в основном связующие органического происхождения, такие как каменно-угольный и торфяной пеки, нефтяной битум, сульфит-спиртовая барда, жидкое стекло (ж.с.) и т.д. [3].

Предлагаемый нами способ окомкования шихтовых материалов предусматривает использование щелочных сред для получения силикатов натрия как связующего. В основе данной методики лежит реакция образования метасиликата натрия с образованием пористой прочной окомкованной композиции $\text{Si} + 2\text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} = \text{Na}_2\text{SiO}_3 + 2\text{H}_2\uparrow$.

Состав шихты для получения окомкованных композиций: нефтекокс, кремний мелкокристаллический, пыль газоочистки кремниевого производства, жидкое стекло (рисунок). Сушка композиций производилась на программируемой нагревательной плите «Whise therm» (Корея).



Экспериментальные работы по формированию шихтовых композиций

Методом математического моделирования было выявлено, что наибольшее влияние на прочность окомкованных композиций оказывают такие факторы как продолжительность спекания $\tau = 150$ мин, содержание связующего равно 40 %, крупность частиц = 0,05 мм, % .

Окомкованные композиции, полученные в наших экспериментах по предлагаемой методике, обладали высокой механической прочностью: сопротивление сбрасыванию составила 67-69%.

Литература

1. Немчинова Н.В., Клёц В.Э. Кремний: свойства, получение, применение: учеб. пособие. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2008. 272 с.
2. Леонов С.Б., Зельберг Б.И., Авдеев М.П. Подготовка шихтовых материалов для электротермического производства кремния. Иркутск: Изд-во Иркут. ун-та, 1991. 151с.
3. Немчинова Н.В., Клещ В.Э., Черняховский Л.В. Силикаты натрия как связующее для образования брикетов при выплавке кремния. Известия вузов. Цветная металлургия. 1999. №2. С.14-18.

УДК 669.85/86

Рафинирование кремния при карботермической технологии

А.А. Тютрин, И.С. Шарафеева

ФГБОУ ВПО «Иркутский государственный технический университет»,
г.Иркутск

В последнее время значительные усилия исследователей направлены на поиск новых и совершенствование существующих технологий получения и рафинирования кремния, позволяющих получать кремний высокого качества, который наиболее полно удовлетворяет требования потребителей. Перспективность расширения сферы использования кремния за счет применения экономически выгодных и экологически безопасных технологий его получения объясняется огромными запасами кремниевого сырья в земной коре. На сегодняшний день около 80% производимого кремния находит применение в черной и цветной металлургии в качестве лигатуры. Также кремний используется для производства кремнийорганических соединений; является основным материалом в электронике для транзисторов, выпрямителей тока (диодов), усилителей радиоволн (триодов), микропроцессоров